

26. 4. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   5 月 2 0 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 4 2 2 5 7  
Application Number:

[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 1 4 2 2 5 7 ]

出   願   人            愛 知 製 鋼 株 式 会 社  
Applicant(s):

REC'D 01 JUL 2004

WIPO

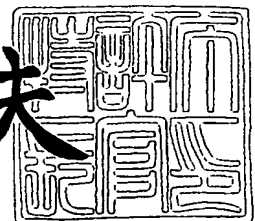
PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年   6 月   3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 P000013931

【提出日】 平成15年 5月20日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01F 41/02

【発明の名称】 ボンド磁石の製造方法

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地 愛知製鋼株式会社  
内

【氏名】 本蔵 義信

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地 愛知製鋼株式会社  
内

【氏名】 御手洗 浩成

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地 愛知製鋼株式会社  
内

【氏名】 野口 健児

【特許出願人】

【識別番号】 000116655

【氏名又は名称】 愛知製鋼株式会社

【代表者】 柴田 雄次

【代理人】

【識別番号】 100081776

【弁理士】

【氏名又は名称】 大川 宏

【電話番号】 (052)583-9720

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009438

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ボンド磁石の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを、壁面温度が該熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティに秤量充填する秤量充填工程と、

該秤量充填されたコンパウンドまたは該コンパウンドの粉末成形体を該軟化点以上に加熱し該熱硬化性樹脂を軟化状態または熔融状態としつつ、配向磁場を印加して該異方性磁石粉末を配向させる配向工程と、

該配向工程後に、該異方性磁石粉末および該熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、該配向した異方性磁石粉末を該熱硬化性樹脂によって緻密に結合させたボンド磁石成形体とする緻密結合工程と、

を備えることを特徴とするボンド磁石の製造方法。

【請求項 2】 前記秤量充填工程のキャビティの最小幅 (W) は、前記コンパウンドの平均粒径 (d) に対する相対幅比 ( $W/d$ ) が 1 ~ 15 である請求項 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 3】 前記秤量充填工程は、前記コンパウンドを内部に蓄えて底部が開口した粉箱を、前記キャビティの開口上を水平移動させる工程であり、

前記最小幅 (W) は、該粉箱の移動方向に沿ったものである請求項 2 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 4】 前記秤量充填工程のキャビティは有底円筒状であり、該キャビティの内外周の半径差が前記最小幅 (W) である請求項 2 または 3 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 5】 前記秤量充填工程は、前記キャビティに充填されたコンパウンドを圧縮成形して前記配向工程に供される前記粉末成形体とする粉末成形工程を含む請求項 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 6】 前記配向工程は、さらに、前記配向した異方性磁石粉末および前記熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、前記緻密結合工程に供する予備成形体とする予備成形工程を含む請求項 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 7】前記秤量充填工程は、第 1 成型型で行い、  
前記配向工程は、該第 1 成型型とは別の第 2 成型型で行い、  
前記緻密結合工程は、該第 1 成型型および該第 2 成型型とは別の第 3 成型型で行う請求項 1、5 または 6 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 8】前記配向工程前に、前記秤量充填工程後に得られた粉末成形体の少なくとも表面へ潤滑剤を付与する潤滑剤付与工程を備える請求項 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 9】前記潤滑剤は、オイル中に固体潤滑剤を混合した混合潤滑剤である請求項 8 に記載のボンド磁石の製造方法。

【請求項 10】前記オイルは、少なくとも前記配向工程の加熱中に変質せず、前記異方性磁石粉末の磁気特性を劣化させない化合物である請求項 9 に記載のボンド磁石の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ボンド磁石の製造方法に関するものであり、特に、磁気特性に優れた薄肉ボンド磁石等に好適な製造方法に関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

各種アクチュエータやモータ等の高性能小型化の要請により、小型で強力な永久磁石が求められている。このような永久磁石には、焼結磁石等もあるが、最近では、成形性、物理的性質、取扱性等に優れたボンド磁石が多用される。ボンド磁石は、等方性磁石粉末や異方性磁石粉末を樹脂等で固めたものであるが、高い磁気特性が求められる場合には、異方性磁石粉末が多用される。

##### 【0003】

異方性磁石粉末からなるボンド磁石の場合、磁場中で十分に配向させて緻密な成形体とすることがその磁気特性を高める上で重要である。このようなボンド磁石の製造方法を開示したものとして、例えば、下記特許文献 1 または特許文献 2 がある。

## 【0004】

特許文献1には、150℃に加熱した同一成形金型中で、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを給粉、配向および圧縮成形する一段成形方法が開示されている。

## 【0005】

特許文献2には、特許文献1の製造方法を大きく2つに分けて、150℃に加熱した第1成形金型中で給粉、配向および軽い圧縮成形を行って予備成形体を製造する予備成形工程と、この予備成形体を150℃に加熱した第2成形金型中で強く圧縮成形して緻密化する本成形工程とからなる二段成形方法が開示されている。

## 【0006】

## 【特許文献1】

特開平8-31677号公報

## 【特許文献2】

特開平10-22153号公報

## 【特許文献3】

特開平9-312230号公報

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記いずれの場合も、150℃に加熱された成形金型のキャビティへコンパウンドを直接給粉（秤量、充填）している。150℃という温度は、上記特許文献からも明らかなように、コンパウンドの熱硬化性樹脂が溶融する温度である。このような高温となった成形金型へコンパウンドを給粉すると、コンパウンド中の熱硬化性樹脂は少なくとも部分的に軟化または溶融して、多くのコンパウンドは成形金型のキャビティ壁面に付着してしまう。このようなコンパウンドの壁面付着が生じると、コンパウンドの充填通路が狭まり、所定量のコンパウンドがキャビティ内へ十分に充填され難くなる。そして、製品毎にコンパウンドの秤量がばらつき、一つの製品中でもコンパウンドの充填が不均一となる。これは、ボンド磁石の磁気特性の低下や不均一となって現れる。特に、このような現

象は、キャビティの入口開口が狭い薄肉ボンド磁石を製造する場合に生じ易い。

#### 【0 0 0 8】

さらに、上記特許文献 3 には、異方性磁石粉末と樹脂との混合物を、その樹脂の軟化開始温度以下で 1 次成形した後、その 1 次成形体を前記樹脂の軟化開始温度以上、硬化開始温度以下の加熱磁場中で 2 次成形して 2 次成形体を得る 2 段成形方法が開示されている。そして、得られた 2 次成形体を単に加熱処理（キュア処理）することで最終的に硬化させている。

#### 【0 0 0 9】

ところが、この特許文献 3 では、その 2 次成形中に磁場配向と加圧成形とを同時に行っているため、磁場配向の立場から観れば成形圧力が高すぎ、加圧成形という立場から観れば成形圧力が低い。このため、異方性磁性粉末が十分に配向されず、得られた 2 次成形体の密度も低くなり、硬化処理後のボンド磁石の磁気特性も異方性磁性粉末の磁気特性が十分に発揮されずに不十分なものとなる。

本発明は、このような事情に鑑みて為されたものであり、均一で安定した磁気特性が得られるボンド磁石の製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0 0 1 0】

##### 【課題を解決するための手段および発明の効果】

本発明者はこの課題を解決すべく鋭意研究し、試行錯誤を重ねた結果、先ず、キャビティへコンパウンドを給粉する際に、そのキャビティの壁面温度を室温付近にすると、コンパウンドがその壁面に付着せず、キャビティへ均一に充填されることを新たに知見し、これを発展させて本発明を完成するに至った。

#### 【0 0 1 1】

すなわち、本発明のボンド磁石の製造方法は、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを、壁面温度が該熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティに秤量充填する秤量充填工程と、該秤量充填されたコンパウンドまたは該コンパウンドの粉末成形体を該軟化点以上に加熱し該熱硬化性樹脂を軟化状態または熔融状態としつつ、配向磁場を印加して該異方性磁石粉末を配向させる配向工程と、該配向工程後に、該異方性磁石粉末および該熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、該配向した異方性磁石粉末を該熱硬化性樹脂によって緻密に結合させた

ボンド磁石成形体とする緻密結合工程と、を備えることを特徴とする。

#### 【0012】

本発明の場合、秤量充填工程で、壁面温度がコンパウンド中の熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティへ、コンパウンドを秤量、充填している。これにより、秤量充填工程で、コンパウンド中の熱硬化性樹脂が軟化せず、コンパウンドがキャビティの壁面に付着等するのが抑止される。その結果、コンパウンドのキャビティへの充填がスムーズになされ、その充填量も安定し、さらに、キャビティ中におけるコンパウンドの分布もほぼ均一となる。従って、密度や磁気特性に疎密がなく、形状精度に優れた高品質のボンド磁石が歩留り良く安定して量産できる。

#### 【0013】

ここで、熱硬化性樹脂の「軟化点」とは、基本的に加熱履歴を受けていない熱硬化性樹脂のバージン材の軟化点を意味する。加熱履歴を受けた後は、その後の軟化点を意味する。この軟化点は、熱硬化性樹脂の種類（分子構造、組成等）から一義的に定るものである。コンパウンドは、異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂以外に、硬化剤、硬化促進剤、界面活性剤等を含有していることも多いが、上記軟化点は使用する熱硬化性樹脂単体（モノマー）での軟化点である。

#### 【0014】

キャビティの壁面温度の一例を挙げると、例えば、室温とすれば良い。また、熱硬化性樹脂の種類にも依るが、ボンド磁石に使用される熱硬化性樹脂の軟化点は通常90℃前後であるため、例えば、壁面温度を30～60℃程度にすれば十分である。

#### 【0015】

なお、この軟化点に替えて、「付着開始温度」を使用することもできる。付着開始温度は、コンパウンドがキャビティの壁面に付着し始める温度である。上記軟化点は、この付着開始温度を指標するものといえる。但し、厳密にいうと、付着開始温度が必ずしも熱硬化性樹脂の種類によって一律的に規定されるとは限らず、また、軟化点に一致するともいえない。この付着開始温度を具体的に特定するためには、煩雑な試験等を実際に行わなければならないこともあり得る。そこ



で、本発明ではそのような煩わしさ回避するために、壁面温度を上記「軟化点」を基準に考えることとした。

#### 【0016】

キャビティの壁面温度の測定位置は特に限定されない。壁面全体がほぼ均一な温度となっているのが通常だからである。もっとも、コンパウンドのキャビティへの充填に大きく影響するのは、キャビティの入口開口（例えば、上部開口）付近の温度である。そこで、敢ていうなら、壁面温度はキャビティの入口開口付近の温度を指標とすれば良い。

#### 【0017】

本発明のボンド磁石の製造方法は、大きく分けて秤量充填工程と、配向工程と、緻密結合工程とからなる。これらの各工程は、一つの成形機中で行っても、適宜、2つまたは3つの成形機中で行っても良い。もっとも、成形型の温度管理の簡便性、成形型の材質選択の自由度、配向磁場装置や加圧装置の稼働率等の観点から、上記3工程は、それぞれ専用の成形機中で別々に行われるのが好ましい。これにより、例えば、成形型の温度を工程毎に変化させたりする必要もなく、成形型の高寿命化等も図れる。また、当然ながら、上記3工程を別々の成形機中で行うため、その分、各成形機の稼働率も向上して、短いタクトでボンド磁石が量産される。特に、一工程あたりの生産タクトや各工程で必要とする成形機の数进行调整することで、各成形機をフル稼働状態とでき、一層量産性を向上させ得る。そして、本発明によれば、このような量産時でも、磁気特性および形状精度等に優れた安定した品質のボンド磁石が、歩留り良く（不良率が少なく）効率的に得られる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

実施形態を以下に挙げ、本発明をより詳しく説明する。

##### （1）秤量充填工程

秤量充填工程は、コンパウンドをキャビティに所定量充填する工程である。コンパウンドの秤量は、その充填時のすり切り等によって行われる。本発明の場合、このキャビティの壁面温度が熱硬化性樹脂の軟化点未満であり、充填性に優れ

るのは、前述した通りである。

#### 【0019】

ところで、本発明の効果がより顕著に発揮されるのは、コンパウンドが充填されるキャビティの入口（開口）が狭い場合である。より具体的には、そのキャビティの最小幅（W）が、コンパウンドの平均粒径（d）に対する相対幅比（ $W/d$ ）で1～15程度の場合である。この上限が10、9、8、7、6となる程、本発明の効果が際立つ。また、その下限は、ボンド磁石の現実的な厚みやコンパウンドの充填性を考慮して、2、3、4、5程度とするのが好ましい。

#### 【0020】

なお、相対幅比が上記範囲よりも大きい場合であっても、コンパウンドの充填性の向上等、本発明の効果は勿論ある。但し、相対幅比が相当大きい場合、キャビティの壁面温度が軟化点以上でコンパウンドが壁面に付着するようなときでも、コンパウンドの充填通路が多かれ少なかれ確保され易い。このため、コンパウンドの充填時または充填後に、適宜、加振等を施すことで、コンパウンドはキャビティへほぼ均一に充填され得る。従って、本発明は、相対幅比が上記のように小さい範囲で特に有効である。

#### 【0021】

ところで、上記キャビティの最小幅は、コンパウンドが充填される方向をも考慮して決定するのが好ましい。つまり、コンパウンドの充填方向に沿った最小幅を、上記最小幅（W）とするのが良い。コンパウンドの充填方向に対向するキャビティの壁面にコンパウンドが付着し易く、そこでコンパウンドの流れが阻害され易いからである。例えば、前記秤量充填工程が、前記コンパウンドを内部に蓄えて底部が開口した粉箱を前記キャビティの開口上を水平移動する工程である場合、前記最小幅（W）は、この粉箱の移動方向（充填方向）に沿って測定したものとすれば良い。例えば、そのキャビティが有底円筒状の場合、キャビティの内外周の半径差が最小幅（W）となる。なお、キャビティの形状は、最終的なボンド磁石の形状に応じて決定される。その形状は、上記円筒状の他、板状、ブロック状、円弧状等何れでも良い。

#### 【0022】

コンパウンドを秤量充填した同一の成型型中で後続の配向工程等を行う場合は別として、配向工程等を他の成型型中で行う場合、その秤量充填したコンパウンドを配向工程等を行う成型型へ移送することが必要となる。この際、充填時と同じコンパウンドの状態では意味が無い。そこで、一般的な粉末成形と同様に、秤量充填したコンパウンドをキャビティ中で軽く圧縮成形して粉末成形体（グリーンコンパクト、素形体、ブランク成形体）等にすると、上記移送を行う上で便利である。すなわち、秤量充填工程は、単なるコンパウンドの秤量やキャビティへの充填に留まらず、前記キャビティに充填されたコンパウンドを圧縮成形して前記配向工程に供される前記粉末成形体とする粉末成形工程を含むものであると好適である。この粉末成形体の成形度合は、圧縮されたコンパウンドが崩壊せず、取扱いできる程度であれば良い。この成形圧力は、例えば、70～294 MPa 程度とすれば良い。

#### 【0023】

この粉末成形体の秤量充填工程から配向工程への移送は、手作業による他、治具（カセット等）を介して行っても良い。治具を介することで、粉末成形体の形状保持性が良く、また、自動化等にも適する。なお、このような移送治具の使用は、上記場合に限らず、配向工程から緻密結合工程へ予備成形体を移送する場合でも同様である。

#### 【0024】

##### （2）配向工程

配向工程は、秤量充填工程後のコンパウンド等を加熱して熱硬化性樹脂を溶融状態等として磁場を印加する工程である。この配向工程により、異方性磁石粉末の各粒子は特定方向に配向して、ボンド磁石の磁気特性が向上する。この配向工程も所定の成型型のキャビティ内で行われる。この成型型は、熱硬化性樹脂の種類および工程時間等に応じて、所定の温度に保持される。その温度は、例えば、120～180℃程度である。

#### 【0025】

この加熱により、コンパウンド中の熱硬化性樹脂は軟化または溶融して粘性が低下する。異方性磁石粉末はその溶融等した熱硬化性樹脂の流体中にまるで浮遊

しているかのような状態となって流動性を増す。そして、この状態で配向磁場が印加されると、異方性磁石粉末は移動、回転等を生じて所定の極性方向に配向する。この配向を効率良く確実に行うために、少なくとも、熱硬化性樹脂の粘性が最も低下する点で配向磁場が印加されるのが好ましい。

#### 【0026】

本発明でいう配向工程では、「軟化状態」と「熔融状態」とを厳密に区別していない。要するに、熱硬化性樹脂が加熱されてその粘性が低下し、異方性磁石粉末の回転、移動等が可能な状態となれば十分だからである。勿論、異方性磁石粉末の配向の程度は、印加する配向磁場の強さにも依る。この配向磁場の強さは、熱硬化性樹脂の粘性が適度に低下した状態で印加されるのであれば、例えば、 $320 \sim 800 \text{ kA/m}$ とすれば良い。

#### 【0027】

なお、熱硬化性樹脂であっても、加熱により、先ず、軟化、熔融し、その粘性が大きく低下して、粘性低下のピークを迎える。その後、そのピークを越えると、分子間の架橋反応が促進され、粘度が低下して硬化する。この硬化により、配向した異方性磁石粉末からなるボンド磁石が得られる。硬化反応の進行する温度で熱硬化性樹脂を加熱する限り、配向工程から後述の緻密結合工程にかけて熱硬化性樹脂の硬化は徐々に進行している。前述の秤量充填工程を軟化点に近い温度で行う場合、その秤量充填工程から熱硬化性樹脂の硬化が進行する場合もある。

#### 【0028】

このような観点から、各工程を有効に行うには、コンパウンドの加熱温度およびその保持時間を適切に調整して、熱硬化性樹脂の硬化反応を制御することが欠かせない。例えば、配向工程では、前述のように、この硬化反応があまり進行していない段階を利用している。また、後述の緻密結合工程は、熱硬化性樹脂が流動性を失ってはいないが、配向した異方性磁石粉末が圧縮成形によって緻密化した状態が維持される程度に、熱硬化性樹脂が硬化する段階を利用している。

#### 【0029】

ところで、配向工程を行った同一の成型型中で後続の緻密結合工程を行う場合は別として、緻密結合工程を他の成型型中で行う場合、その配向した異方性磁石

粉末等を緻密結合工程を行う成型型へ移送することが必要となる。そこで、秤量充填工程の場合と同様、配向工程の場合も、配向した異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、硬化反応を磁石粉末の配向状態が保存される限度まで進行させて、前記緻密結合工程に供する予備成形体とする予備成形工程を含むものとするが良い。このように予備成形工程で予備成形体を成形することで、配向工程から緻密結合工程への移送が容易となる。

#### 【0030】

この予備成形工程中の成形圧力は、例えば、147～343MPa程度とすれば良く、前述の粉末成形工程（秤量充填工程）中の成形圧力よりも高く、後続の緻密結合工程中の成形圧力よりも低いのが好ましい。また、異方性磁性粉末の配向から成形へ移行する際には、磁場印加後から少なくとも1秒程度保持した後に行うのが良い。異方性磁性粉末を十分に配向させるためである。

#### 【0031】

##### （3）緻密結合工程

緻密結合工程は、配向工程後の異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂を圧縮成形して、配向した異方性磁石粉末を緻密に結合させたボンド磁石成形体とする工程である。この工程により、上記配向工程後の異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂の中に存在していた気泡が排出されたり空孔が押潰されたりして、高密度で磁気特性および寸法精度に優れたボンド磁石成形体が得られる。この緻密結合工程も所定の成型型のキャビティ内で行われる。この成型型は、熱硬化性樹脂の種類および工程時間等に応じて、所定の温度に保持される。その温度は、例えば、120～180℃程度である。また、成形圧力は、例えば、686～882MPa程度である。この成形圧力は、前述したように、予備成形工程（配向工程）中の成形圧力よりも高いのが好ましい。

#### 【0032】

なお、この緻密結合工程により得られたボンド磁石成形体は、熱硬化性樹脂が完全に硬化したボンド磁石であっても良いが、熱硬化性樹脂の硬化が不完全なものであっても良い。熱硬化性樹脂の完全な硬化には長時間を要することから、熱硬化性樹脂の硬化が不完全なボンド磁石成形体を多数まとめて加熱硬化処理（キ

ユア熱処理)をバッチ処理するとより効率的である。

#### 【0033】

##### (4) 潤滑剤付与工程

本発明は、さらに、前記配向工程前に、前記秤量充填工程後に得られた粉末成形体の少なくとも表面へ潤滑剤を付与する潤滑剤付与工程を備えると好適である。これにより、先ず、配向工程（特に予備成形工程）や緻密結合工程で、異方性磁性粉末（またはその成形体）と成形型との間での焼付きを防止できる。さらに、潤滑剤付与工程は配向工程前に行われるので、少なくとも成形型の壁面付近に存在するコンパウンド（異方性磁性粉末）の粒子間の摩擦が低減されて、異方性磁性粉末の配向が促進される。このため、一層高く配向した成形体を得られ、ボンド磁石の磁気特性がさらに向上する。勿論、潤滑剤の前記粉末成形体への付与形態、付与時間、その粉末成形体のサイズ等によって、潤滑剤は粉末成形体の表面付近に留まらず、さらにその内部へ含浸し得る。潤滑剤が内部に含浸する程、上述した異方性磁性粉末の配向が一層高まり易い。

#### 【0034】

潤滑剤が付与される粉末成形体の形状は問わないが、それが薄肉であれば有る程、潤滑剤が短時間で内部まで含浸され易くなる。本発明によると、このような薄肉の粉末成形体を安定した品質で容易に得ることができるので、好都合である。

#### 【0035】

潤滑剤付与工程の具体的な方法は問わないが、例えば、粉末成形体を潤滑剤中に浸漬（ディップ）したり、粉末成形体へ潤滑剤を噴霧（スプレー）または塗布したりすることで行える。浸漬した場合、短時間で、潤滑剤が粉末成形体へ十分に付与され易い。噴霧等した場合、均一に、潤滑剤が粉末成形体の表面へ付与され易い。

#### 【0036】

使用される潤滑剤は、粉末成形体への付与性、内部含浸による高配向性等の観点から液状の方が好ましい。一方、粉末成形体（異方性磁性粉末）と成形型（金型）との焼付きを抑止する観点からは、高温域でも焼付き防止効果の高い固体潤

滑剤が好ましい。そこで、液状のオイルを分散剤として焼付き防止効果の高い固体潤滑剤を均一に分散させたものを使用すると好ましい。すなわち、前記潤滑剤は、オイル中に固体潤滑剤を混合した混合潤滑剤であると好適である。このとき使用するオイルは、ポリアルキルグリコール、鉱物油等の異方性磁性粉末の磁気特性を劣化させず、配向工程等の高温加熱中（例えば、120～180℃）でも変質しない化合物が好ましい。また、このとき使用する固体潤滑剤は、無機物でも有機物でも良い。

#### 【0037】

また、潤滑剤は、揮発性潤滑剤でも良く、例えば、配向工程中に揮発して緻密結合工程で残存していなくても良い。この場合でも、高配向性や予備成形工程中の焼付き防止を図れる。また、その潤滑剤が揮発性オイルと前記固体潤滑剤との混合潤滑剤である場合、分散剤であるオイルが揮発しても固体潤滑剤は残存するため、配向工程（予備成形工程）や緻密結合工程で焼付き防止効果が得られる。

なお、緻密結合工程後にも残存した潤滑剤は、自然放置やアスピレータなどによる吸引等によって適宜除去可能である。

#### 【0038】

##### （5）成型型

本発明のボンド磁石の製造方法は、前述したように、一つの成型型中で行うことが可能である。しかし、量産性等を考慮すれば、各工程を別々の成型型で行うのが効率的である。

すなわち、前記秤量充填工程は、第1成型型で行い、前記配向工程は、該第1成型型とは別の第2成型型で行い、前記緻密結合工程は、該第1成型型および該第2成型型とは別の第3成型型で行うと好適である。

#### 【0039】

また、各工程毎に専用の成型型を用いることで、成型型の設計自由度や成型型の長寿命化等も向上する。例えば、配向工程は、配向磁場を印加することから、上記第2成型型の少なくとも一部に、透磁率の高い磁性材料の使用が望まれ、実際に純鉄やパーメンジュール等が使用される。このような型材料は、耐摩耗性が比較的乏しく、本来金型材料としては不向きである。しかし、配向工程での成形

圧力は前述のように比較的小さいため、型摩耗等はあまり問題とはならない。

#### 【0040】

逆に、緻密結合工程では、比較的大きな成形圧力が印加されるため、金型寿命が問題となり、実際には超合金や工具鋼等の耐摩耗性に優れた材料が使用される。これらの材料は、透磁率があまり大きくないが、そもそも緻密結合工程では配向磁場を印加しなくても良いか印加するにしても弱い配向磁場で良いため、これらの材料で十分である。

#### 【0041】

さらに、秤量充填工程では、コンパウンドの充填性を向上させるため、残磁等の影響のない非磁性材料を少なくともキャビティの外内周壁面に使用すると好適である。

#### 【0042】

このように、各工程毎に別々の成形型を使用することで、各工程に適した成形型を設定し易くなる。このため、型寿命が延びて設備費の低減が図られる。勿論、秤量充填工程と配向工程とで成形型を別々にすることで、上述したように、各工程中の温度差が大きい場合の対応も容易となる。

#### 【0043】

##### (6) コンパウンド

コンパウンドは、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とから主になるが、その他、潤滑剤、硬化剤、硬化助剤、界面活性剤等の添加剤も含み得る。前述したコンパウンドの平均粒径は、これらの熱硬化性樹脂等を含めた粒径である。また、平均粒径は、粒度分布に基づく重量平均である。前述の相対幅比が小さいキャビティへコンパウンドを充填するような場合は、篩い分け等によって粒度分布を狭めた(つまり、粒度の揃った)コンパウンドを使用すると良い。

#### 【0044】

異方性磁石粉末の組成、種類等は限定されず、公知のいずれの磁石粉末をも採用し得る。これらの各磁石粉末の製造方法も問わず、いわゆる急冷凝固法であっても、水素化処理法(d-HDDR法、HDDR法)であっても良い。

#### 【0045】



さらに、コンパウンド中に含まれる異方性磁石粉末は、単種の磁石粉末みに限られず、複数種の磁石粉末を混合、混練したものであっても良い。異方性磁石粉末は微粒である程、配向工程での移動が可能となり配向し易いが、適宜造粒した磁石粉末を使用することも可能である。

#### 【0046】

熱硬化性樹脂には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂などがある。これらの熱硬化性樹脂は、異方性磁石粉末の周囲に粉末状に付着していても良いし、異方性磁石粉末の周囲を膜状にコーティングしていても良い。

#### 【0047】

添加剤には、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸アルミニウム、アルコール系潤滑剤等の潤滑剤、チタネート系もしくはシラン系のカップリング剤、4,4'-ジアミノジフェニルメタン (DDM) 等の硬化剤や TPP-S (北興化学工業製の商品名) 等の硬化促進剤等があり、これがコンパウンド中に少量添加されていても良い。これらの添加剤により、成形体の離型性、成形タイミングの調整、磁石粉末と熔融樹脂との濡れ性や密着性等が改善される。

#### 【0048】

異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂との混合割合は、体積比で異方性磁石粉末: 80~90体積%、熱硬化性樹脂: 10~20体積%程度である。質量比でいえば、異方性磁石粉末: 95~99質量%、熱硬化性樹脂: 1~5質量%程度である。添加剤は、0.1~0.5体積%または0.2~0.5質量%程度添加すれば良い。なお、上記コンパウンドは、例えば、これらの異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂等を混練機により均一に混合、混練等して得られる。

#### 【0049】

コンパウンドの平均粒径は、熱硬化性樹脂も含めた粒径であって、 $212\mu\text{m}$ 以下が好ましい。大きすぎると、配向工程中での移動、回転等が困難となり、磁気特性の向上を図り難いからである。その平均粒径の下限は、異方性磁性粉末の組成によって異なるため、一概には特定できない。NdFeB系異方性磁性粉末の場合なら、 $3\mu\text{m}$ 以上とするのが良い。

#### 【0050】

### (7) ボンド磁石

本発明の製造方法により得られるボンド磁石は、その用途、形状、サイズ、磁気特性等を問わない。前述したように、環状薄肉ボンド磁石であっても良いし、円弧状薄肉ボンド磁石でも、板状薄肉ボンド磁石であっても良い。勿論、薄肉には限らない。配向や磁化の方向も、縦方向、横方向、軸方向（アキシアル方向）、径方向（ラジアル方向）等のいずれでも良い。また、サイズも問わないが、配向性が高くなるサイズが好ましい。例えば、ラジアル方向に配向させた環状薄肉ボンド磁石の場合、その径に対して軸方向に長いと、軸方向での配向がバラつく。その際は、軸方向に短くした環状薄肉ボンド磁石を積層して、軸方向に長くしても良い。この場合、特開平 11-186027 号公報にあるように、配向工程後の成形体を積層して、本成形工程で一体化するのが磁気特性上好ましい。なお、本発明により得られたボンド磁石成形体は、ボンド磁石の用途に応じて適宜、着磁がなされる。

### 【0051】

#### 【実施例】

実施例を挙げて、本発明をより具体的に説明する。

#### (コンパウンドの製造)

本実施例で使用したコンパウンドは、異方性磁性粉末である NdFeB 系粗粉末と SmFeN 系微粉末とをヘンシェエルミキサーで混合したものに、熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂粉末を加えて、バンバリーミキサーにより、110℃で加熱混練したものである。NdFeB 系粗粉末、SmFeN 系微粉末およびエポキシ樹脂の配合比は、それぞれ、78 質量%、20 質量%および 2 質量%である。このコンパウンドは、NdFeB 系粗粉末の周囲に SmFeN 系微粉末が存在し、この SmFeN 系微粉末とエポキシ樹脂が NdFeB 系粗粉末を囲繞したようになっている。

### 【0052】

上記 NdFeB 系粗粉末および SmFeN 系微粉末は、次のようにして製造した。

#### (1) NdFeB 系粗粉末

原子%で、Nd:12.5%、B:6.4%、Ga:0.3%、Nb:0.2%、残部Feの組成をもつ合金インゴットに、d-HDDR処理を施した。具体的には、先ず、上記組成の合金インゴット(30kg)を溶解・ castingして製造した。このインゴットに、アルゴンガス雰囲気中で1140~1150℃x40時間の均質化処理を施した。さらに、そのインゴットをジョークラッシャにより平均粒径が10mm以下の粗粉碎物に粉碎した。この粗粉碎物に、次の条件の低温水素化工程、高温水素化工程、第1排気工程および第2排気工程とからなるd-HDDR処理を施した。すなわち、室温、水素圧力100kPaの水素ガス雰囲気下で、各試料合金へ十分に水素を吸収させた(低温水素化工程)。次に、800℃で30kPa(水素圧力)の水素ガス雰囲気下で、480分間の熱処理を施した(高温水素化工程)。引き続き、800℃に保持したまま、水素圧力0.1~20kPaの水素ガス雰囲気下で、160分間の熱処理を施した(第1排気工程)。最後に、60分間、ロータリポンプおよび拡散ポンプで真空引きして、10<sup>-1</sup>Pa以下の真空雰囲気下で冷却した(第2排気工程)。

#### 【0053】

こうして、1バッチ当たり各10kg程度のNdFeB系異方性磁石粉末を得た。得られた異方性磁性粉末の平均粒径を、ふるい分級し、各級の重量を測定しておもにつき平均を求めたところ、平均粒径は106μmであった。

#### 【0054】

さらに、得られたNdFeB系異方性磁性粉末の表面には、界面活性剤を被覆した。界面活性剤の被覆は、NdFeB系異方性磁性粉末に界面活性剤の溶液を加え、攪拌させながら真空乾燥させて行った(被覆工程)。界面活性剤の溶液は、シラン系カップリング剤(日本ユリカー株式会社製、NUCシリコーンA-187)をエタノールで2倍に希釈したものである。この被覆を施したNdFeB系異方性磁性粉末を本実施例ではNdFeB系粗粉末と呼んでいる。

#### 【0055】

##### (2) SmFeN系微粉末

原子%で、Sm:10%、N:13%、残部Feからなる市販のSmFeN系異方性磁石粉末(住友金属鉱山株式会社製)に、NdFeB系粗粉末の場合と同

様に界面活性剤を被覆した。この被覆を施した S m F e N 系異方性磁石粉末を本実施例では S m F e N 系微粉末と呼んでいる。S m F e N 系異方性磁石粉末の平均粒径は  $2 \sim 3 \mu\text{m}$  である。

#### 【0056】

(ボンド磁石の製造)

上記コンパウンド (平均粒径  $d = 0.1 \text{ mm}$ ) を用いて、最終的に外径  $\phi 30$  x 高さ  $20 \text{ mm}$  のリング状薄肉ボンド磁石を製造した。これに先立ち、後述の各工程によって着磁前のボンド磁石成形体を製造した。本実施例では、その内径 (厚み) を種々変更して、複数種の試験片を試作した。それらの内径は表 1 に示した。

(1) 秤量充填工程

秤量充填工程は、図 1 に示す第 1 成形装置 30 を用いて行った。

#### 【0057】

この第 1 成形装置 30 は、中央に貫通した成形孔 33 をもつ筒状の成形ダイ 32 と、この成形孔 33 の軸芯上方に延びる円柱状の上コア 34 と、成形孔 33 の軸芯下方に延びて上コア 34 の下端面に当接し得る円柱状の下コア 35 と、上コア 34 または下コア 35 の外周面と成形孔 33 の内周面との間に形成された筒状のキャビティ C1 の上側に位置する円筒状の上パンチ 36 と、このキャビティ C1 の下側に位置する筒状の下パンチ 37 と、上パンチ 36 の上端側に固定された上パンチ基部 38 と、下パンチ 37 の下端側に固定された下パンチ基部 39 と、上コア 34 および下コア 35 を相互に近接させて加圧するコア駆動装置 20 と、上パンチ基部 38 および下パンチ基部 39 を相互に近接させて加圧するパンチ駆動装置 21 とからなる。

#### 【0058】

コンパウンドの秤量およびキャビティ C1 への充填は次のようにして行った。

上パンチ 36 および上パンチ基部 38 と、上コア 34 とを上方に退避させる。次に、下コア 35 の上端面が成形ダイ 32 の上端面と面一かそれよりも僅かに低い状態に保持する。そして、下パンチ 37 の上端面が成形ダイ 32 の上端面よりも低くなるように、下パンチ 37 および下パンチ基部 39 を下げる。こうして、

コンパウンドを充填する有底円筒状のキャビティ C 1 が形成される。この状態を図 2 に示す。なお、このキャビティ C 1 の内外径は、表 1 に示したものと同じである。そして、このときのキャビティ C 1 の容積が、コンパウンドの充填量を決定する。言換えるなら、そのキャビティ C 1 の容積によって充填されるコンパウンド量が秤量される。

#### 【0059】

次に、図 2 に示したように、この状態の成形ダイ 3 2 等の上面に、コンパウンドの入った粉箱 1 1 を配置する。そして、底部が開口した粉箱 1 1 を水平移動させる。粉箱 1 1 がキャビティ C 1 上に来ると、その底部開口からコンパウンドはキャビティ C 1 へ落下しキャビティ C 1 を充填する。粉箱 1 1 は、キャビティ C 1 にコンパウンドが満たされるまでその上を往復動する。そして、最終的にすり切りがなされて、キャビティ C 1 に規定のコンパウンドが充填される。こうして、コンパウンドの秤量、充填が完了する。

#### 【0060】

本実施例では、成形ダイ 3 2 等に加熱ヒータを設けていないので、金型温度は室温（30℃）である。少なくとも、コンパウンドの充填時にコンパウンドの接触する成形ダイ 3 2、下コア 3 5 および下パンチ 3 7 は室温程度である。このため、充填時にコンパウンド中のエポキシ樹脂は軟化等せず、キャビティ C 1 の壁面 3 2 a や壁面 3 5 a に付着等することもない。従って、コンパウンドは狭いキャビティ C 1 内にもスムーズに充填される。具体的には、キャビティ C 1 の A 部、B 部、A' 部等のいずれにもコンパウンドが均等に粗密なく充填される。

#### 【0061】

なお、本発明でいう第 1 成形型は、少なくとも成形ダイ 3 2、下コア 3 5 および下パンチ 3 7 によって構成される。勿論、第 1 成形型に、上コア 3 4、上パンチ 3 6 を加えても良い。

#### 【0062】

ここで、コンパウンドを充填する際に、仮に、成形ダイ 3 2、下コア 3 5 および下パンチ 3 7 が高温（エポキシ樹脂の軟化点以上の温度）であった場合、コンパウンド中のエポキシ樹脂が軟化、熔融してキャビティ C 1 の壁面 3 2 a や壁面

35aに付着する。その結果、キャビティC1の上部入口が部分的に閉塞状態になって、コンパウンドのスムーズな充填が妨げられる。このような事態が特に発生し易いのは、上記図2(a)のA部若しくはA'部である。これは、粉箱11の進行方向に対しての幅Wが狭いからである。一方、B部等は、壁面32aや壁面35aにコンパウンドが付着等したとしても、粉箱11の移動方向にコンパウンドの入口が実質的に広がっているため、A部等に比較すればコンパウンドが充填され易い。このように、同一リング状のキャビティC1であっても、成形ダイ32等が高温となっていると、コンパウンドの充填のされ方がキャビティC1の位置で異なってしまう。その結果、例えば、上記A部やA'部ではコンパウンドが粗に充填され、B部では密に充填されるといった密度の不均一が生じる。このような密度の不均一は、キャビティC1の幅Wが狭い場合、その後の加振等によっても補正され得るものではないので、本実施例のように、金型温度を低温（エポキシ樹脂の軟化点未満の温度）に保持しておくことが非常に有効となる。

#### 【0063】

次に、こうしてキャビティC1に充填されたコンパウンドを圧縮成形した。この圧縮成形は、先ず、図1に示すように、コア駆動装置20により上コア34と下コア35とを当接させる。そして、パンチ駆動装置21によって上パンチ36と下パンチ37とを接近させて、キャビティC1内のコンパウンドを上下方向から加圧する。こうして、素形体（粉末成形体）を得た（粉末成形工程）。なお、このときの成形圧力は、70MPaとした。また、キャビティC1へのコンパウンドの充填から素形体が得られるまでに合計で5秒要した。

#### 【0064】

##### （2）潤滑剤付与工程

上記秤量充填工程後に得られた素形体を第1成形装置30のキャビティC1から取出した。そして、この素形体を混合潤滑剤に2秒浸漬した。使用した混合潤滑剤は、固体潤滑剤およびポリアルキルグリコールを順に2：98の質量比で配合し混合したものである。なお、表1に示した試験片No. 8については、この潤滑剤付与工程を行わずに、秤量充填工程後、次の配向工程を直接行った。固体潤滑剤比は1～30程度で使用できる。

## 【0065】

## (3) 配向工程

配向工程は、図3に示す第2成形装置50を用いて行った。

この第2成形装置50は、加熱源51を備え中央に貫通した成形孔53をもつ筒状の成形ダイ52と、この成形孔53の軸芯上方に延びる円柱状の上コア54と、成形孔53の軸芯下方に延びて上コア54の下端面に当接し得る円柱状の下コア55と、上コア54または下コア55の外周面と成形孔53の内周面との間に形成された筒状のキャビティC2の上側に位置する円筒状の上パンチ56と、このキャビティC2の下側に位置する筒状の下パンチ57と、上パンチ56の上端側に固定された上パンチ基部58と、下パンチ57の下端側に固定された下パンチ基部59と、上コア54および下コア55を相互に近接させて加圧するコア駆動装置60と、上パンチ基部58および下パンチ基部59を相互に近接させて加圧するパンチ駆動装置61と、さらに配向磁場装置40とからなる。

## 【0066】

ここで配向磁場装置40は、成形ダイ52を中心に軸方向に対向して形成された電磁コイル41、42からなる。そして、成形ダイ52、上パンチ56および下パンチ57は非磁性材料で、上コア54、下コア55、上パンチ基部58および下パンチ基部59は磁性材料からなる。そして、配向磁場装置40の電磁コイル41、42から出た磁力線は、それらの磁性材料を通過して、キャビティC2の中央付近から外周側に向けて放射状に向きを変え、再び各電磁コイル41、42に戻る。この磁気回路の形成により、キャビティC2にはラジアル方向の磁場が形成されて、各磁石粉末はラジアル配向される(図5参照)。

## 【0067】

ところで、上記第2成形装置50のキャビティC2に、上記混合潤滑剤を浸透させた素形体を載置し、加熱、配向および圧縮成形を施して予備成形体を製造した。まず、加熱は、金型温度: 140℃で5秒間保持して行った。これにより、コンパウンド中のエポキシ樹脂は軟化および熔融状態となった。そして、エポキシ樹脂の粘性が最も低下する前後から、配向磁場装置40によって配向磁場を3秒間印加した。続いて、196MPaで圧縮成形して予備成形体を得た(予備成

形工程)。これらの各工程の間、金型温度は140℃で一定とした。また、キャビティC2へ素形体を移送してから予備成形体を得られるまでに、合計で10秒要した。なお、本発明でいう第2成形型は、本実施例の場合、成形ダイ52、上コア54、下コア55、上パンチ56および下パンチ57により構成される。

#### 【0068】

##### (4) 緻密結合工程

緻密結合工程は、図4に示す第3成形装置70を用いて行った。

この第3成形装置70は、中央に貫通した成形孔73をもつ筒状の成形ダイ72と、この成形孔73の軸芯上方に延びる円柱状の上コア74と、成形孔73の軸芯下方に延びて上コア74の下端面に当接し得る円柱状の下コア75と、上コア74または下コア75の外周面と成形孔73の内周面との間に形成された筒状のキャビティC3の上側に位置する円筒状の上パンチ76と、このキャビティC3の下側に位置する筒状の下パンチ77と、上パンチ76の上端側に固定された上パンチ基部78と、下パンチ77の下端側に固定された下パンチ基部79と、上コア74および下コア75を相互に近接させて加圧するコア駆動装置80と、上パンチ基部78および下パンチ基部79を相互に近接させて加圧するパンチ駆動装置81とからなる。

#### 【0069】

ところで、上記第3成形装置70のキャビティC3に、上記予備成形体を載置して、加熱圧縮成形を施してボンド磁石成形体を製造した。この加熱圧縮成形は、金型温度：150℃、成形圧力：784MPaとして、5秒間保持して行った。これにより、前記予備成形体はより緻密化されエポキシ樹脂が硬化して、寸法精度の高いボンド磁石成形体となった。なお、キャビティC3への予備成形体を移送してからボンド磁石成形体を得られるまでに、合計で8秒要した。

#### 【0070】

なお、本発明でいう第3成形型は、本実施例の場合、成形ダイ72、上コア74、下コア75、上パンチ76および下パンチ77により構成される。また、本実施例では、秤量充填工程から配向工程、配向工程から緻密結合工程への移送は、各成形体をカセットに保持させて自動的に移送させた。



## 【0071】

## (5) その他

上記ボンド磁石成形体に対して、エポキシ樹脂を十分に硬化させるために、150℃の炉中に30分間入れて熱硬化処理を施した。

さらに、この処理後のボンド磁石成形体に対して、内周側をS極、外周側をN極とする8磁極の着磁を等間隔で施した。この着磁は、パルス着磁の条件で、35kATの起磁力で行った。こうして、図5に示すようなラジアル配向した8磁極のリング状ボンド磁石が得られた。

## 【0072】

## (試験片の測定)

こうして得られた各リング状ボンド磁石について、磁気特性を測定した。その結果を表1に併せて示した。磁気特性は、ボンド磁石の周方向に沿って表面磁束を連続的に測定して求めた。表1は、そのときの表面磁束の最大値と、この最大値と表面磁束の最小値との差である表面磁束の変動幅を示した。

## 【0073】

## (比較例)

比較例として、前記特許文献2（特開平10-22153号公報）に示した2段成形により実施例と同様のリング状ボンド磁石を製造し、その磁気特性を測定した結果を表1に併せて示した。なお、この比較例は、金型温度：140℃のキャビティへコンパウンドを充填し、同温度で予備成形を行ったものである。

## 【0074】

## (その他の実施例)

その他の実施例として、上記秤量充填工程中の金型温度を60℃として、試験片No. 4と同様のボンド磁石を製造した。その磁気特性を測定した結果を表2に示した。なお、表2には、比較のために、試験片No. 4および試験片No. C4についても併せて示した。

## 【0075】

## (評価)

(1) 表1の試験片No. 3～7と試験片No. C3～7とを比較すると、表面

磁束の最大値には大差がないものの、表面磁束の変動幅は大きく異なった。すなわち、実施例のものは表面磁束のバラツキが全周に渡って非常に小さく、磁気特性が均一なものであった。これに対し、比較例のものは、そのバラツキが非常に大きいものであった。特に、リング状ボンド磁石の厚さ(W)が小さくなる程その傾向が強く、例えば、試験片No. C3のものは、試験片No. 3のものに対して、そのバラツキが約10倍にもなっている。逆に言えば、実施例の場合、磁気特性のバラツキを従来の約1/10に抑止できたことになる。

#### 【0076】

さらに、試験片No. C1、C2を観れば明らかなように、相対幅比が4以下の薄肉ボンド磁石の場合、従来の製造方法ではそもそもその成形自体ができなかった。これに対し、実施例の試験片No. 1、2のように、本発明の製造方法を採用した場合は、割れ等を生じることもなく、薄肉ボンド磁石の成形が何ら問題なく行えた。しかも、試験片No. 1、2の場合も、磁気特性のバラツキは非常に小さいものであった。

#### 【0077】

もっとも、試験片No. C7を観れば解るように、相対幅比が20程度まで拡大してくると、コンパウンドの充填通路が確保されて、表面磁束の変動幅も小さくなっている。

#### 【0078】

また、試験片No. 7と試験片No. 8とを比較すれば解るように、潤滑剤付与工程を行うことで、表面磁束の変動幅に変化はないものの、表面磁束が向上することが明らかとなった。ちなみに、本発明者の研究に依ると、この潤滑剤付与工程を行うことで、表面磁束が5～10%向上することが明らかとなっている。

#### 【0079】

(2) 表2の試験片No. 8を観れば解るように、上記秤量充填工程中の金型温度が60℃であっても、金型温度が30℃のときと大差なくボンド磁石の成形が行えた。さらに、それらのボンド磁石の磁気特性も大差がないことが確認できた。このことから、熱硬化性樹脂(エポキシ樹脂)の軟化点(97℃(加熱混練後))より金型温度が小さい限り、本発明の製造方法は十分に効果を発揮すると考

えられる。

【 0 0 8 0 】

【表 1】

試験片 No.	ボンド磁石の内径 (キャビティの内径) (mm)	ボンド磁石の厚み (W) (mm)	相対幅比 (W/d) (mm)	表面磁束の 最大値 (mT)	表面磁束の変動幅 (最大値-最小値) (mT)	備考
1	Φ29.6	0.2	2	70	1.5	3段成形 秤量充填中の 金型温度:30℃ 試験片No. 8 :潤滑剤付与工程な し
2	Φ29.2	0.4	4	120	2.0	
3	Φ28.6	0.7	7	180	3.0	
4	Φ28.0	1.0	10	230	2.5	
5	Φ27.6	1.2	12	250	2.5	
6	Φ27.0	1.5	15	280	2.5	
7	Φ26.0	2.0	20	320	3.0	
8	Φ26.0	2.0	20	300	3.0	
C1	Φ29.6	0.2	2	成形不能	—	2段成形 秤量充填中の 金型温度:140℃
C2	Φ29.2	0.4	4	↑	—	
C3	Φ28.6	0.7	7	150	30.0	
C4	Φ28.0	1.0	10	220	23.0	
C5	Φ27.6	1.2	12	250	18.0	
C6	Φ27.0	1.5	15	280	15.0	
C7	Φ26.0	2.0	20	320	12.0	

ボンド磁石の外径: φ30mmx高さ:20mm  
コンパウンドの平均粒径d:0.1mm

【0081】

【表 2】

試験片 No.	秤量充填中の 金型温度 (°C)	表面磁束の 最大値 (mT)	表面磁束の変動幅 (最大値-最小値) (mT)	備考
実施例	4	230	2.5	3段成形
	8	225	3.5	
比較例	C4	220	23.0	2段成形

ボンド磁石の外径:  $\phi 30\text{mm}$  内径  $\phi 28\text{mm}$  x 高さ:  $20\text{mm}$  (厚み  $W: 1\text{mm}$ )  
 コンパウンドの平均粒径  $d: 0.1\text{mm}$   
 相対幅比 ( $W/d$ ): 10

## 【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 本発明の秤量充填工程に使用した第 1 成形装置の概略断面図である。  
 【図 2】 その第 1 成形装置のキャビティ周辺を拡大した拡大断面図である。  
 【図 3】 本発明の配向工程に使用した第 2 成形装置の概略断面図である。  
 【図 4】 本発明の緻密結合工程に使用した第 3 成形装置の概略断面図である。  
 【図 5】 ラジアル配向させたリング状薄肉ボンド磁石を示す斜視図である。

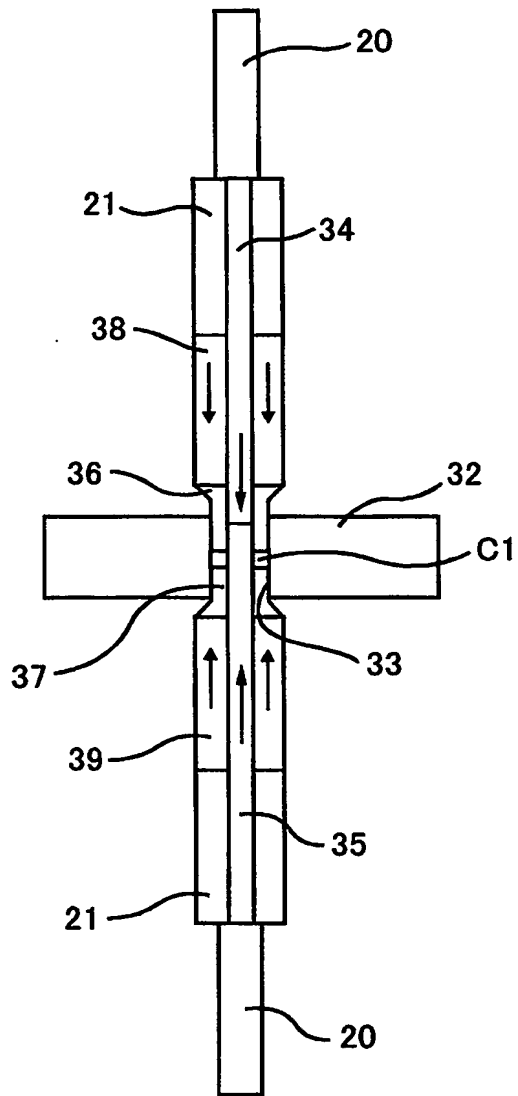
【符号の説明】

- 3 0 第 1 成形装置
- 5 0 第 2 成形装置
- 7 0 第 3 成形装置
- C 1 キャビティ

【書類名】

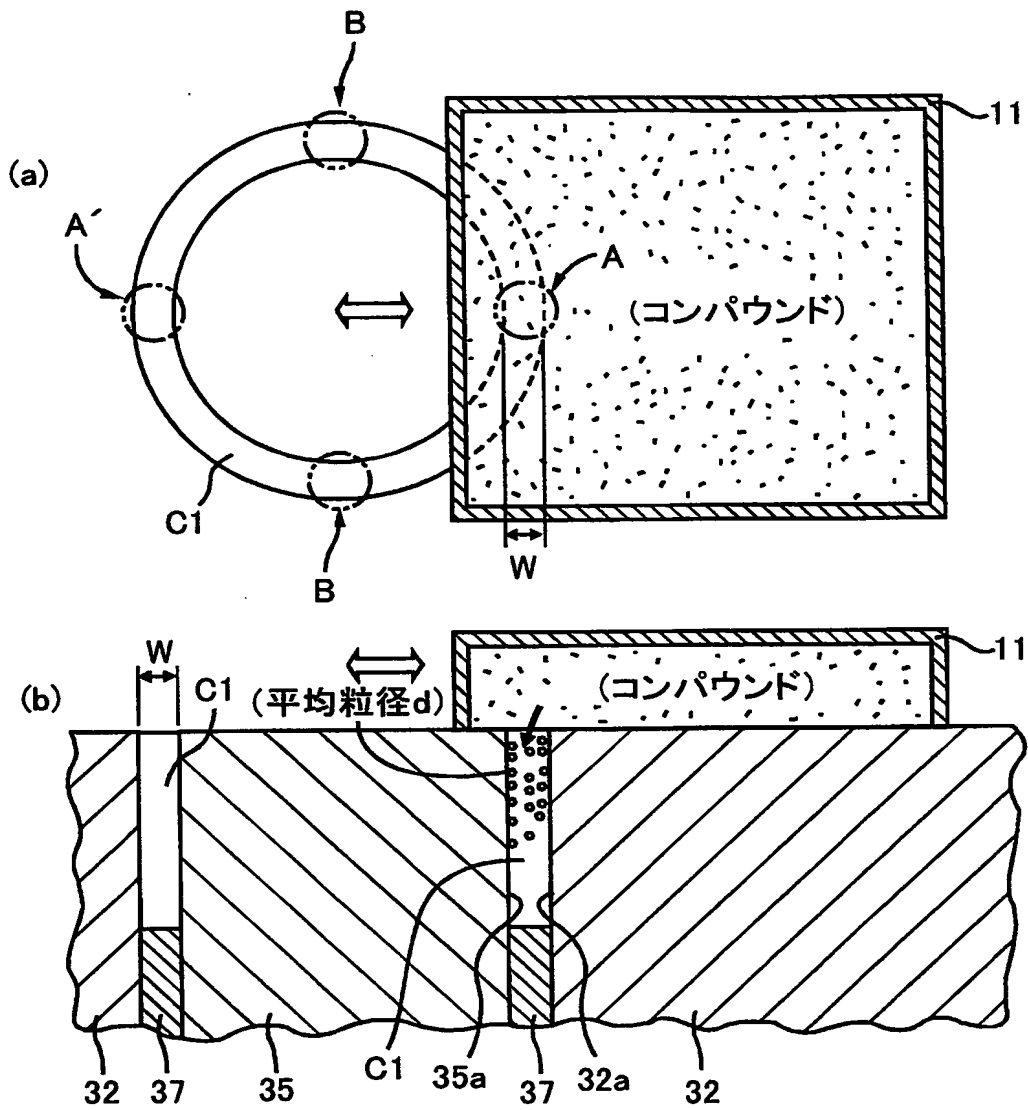
図面

【図 1】



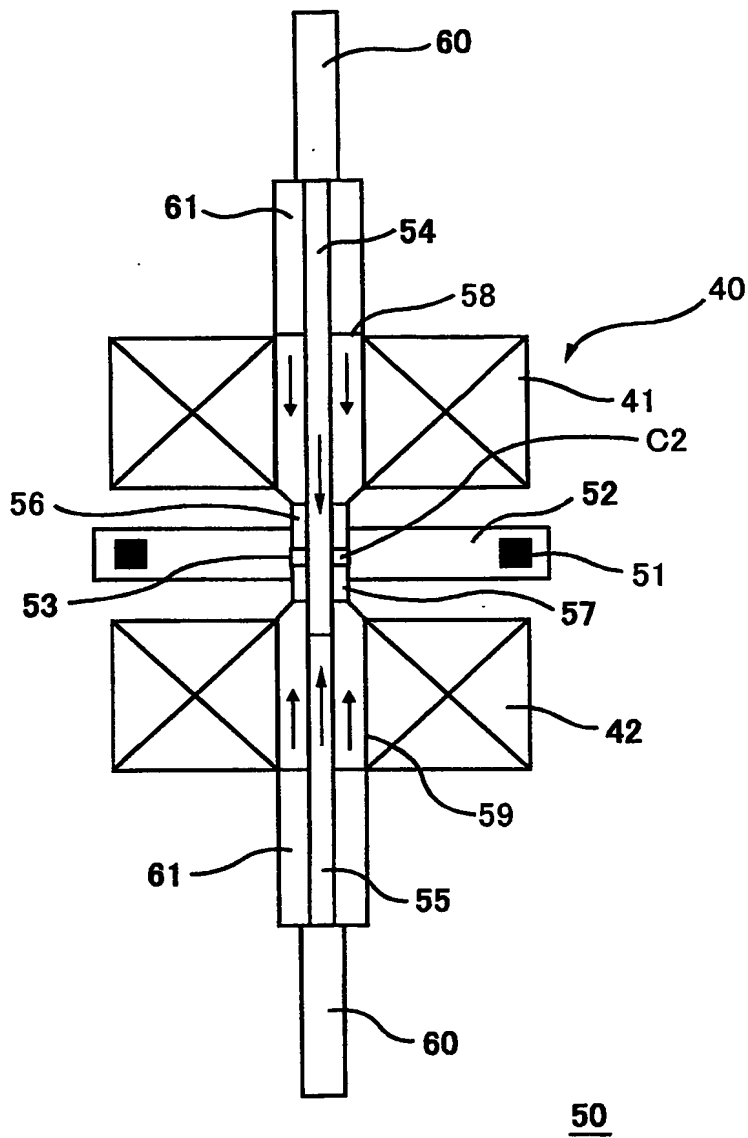
30

【図 2】

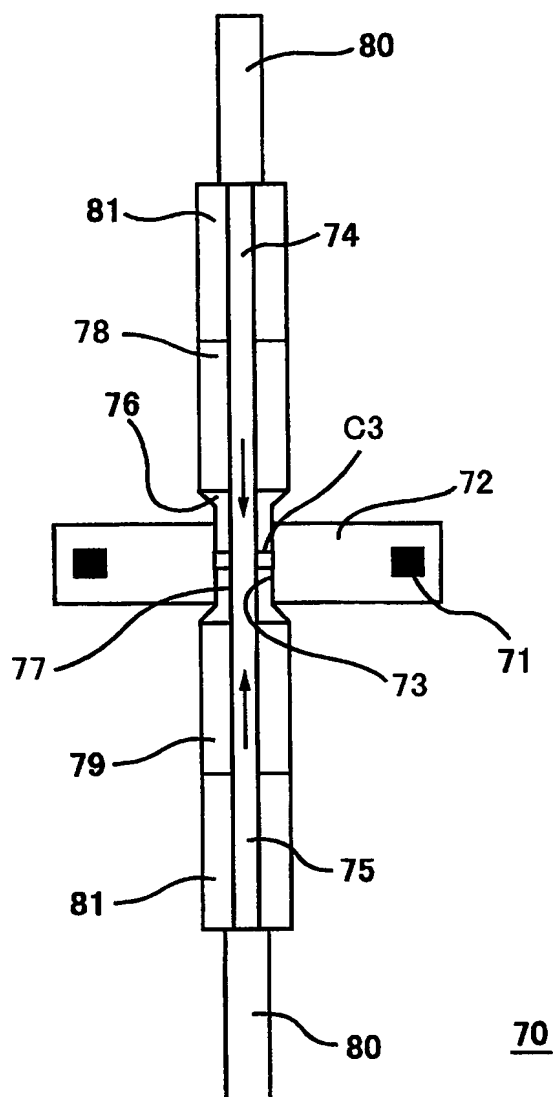




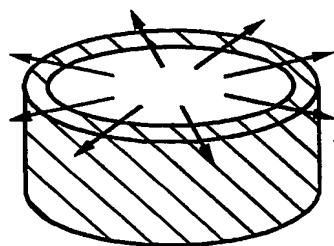
【図 3】



【図 4】



【図 5】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 磁気特性の均一な薄肉ボンド磁石の製造方法を提供する。

**【解決手段】** 本発明のボンド磁石の製造方法は、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを、壁面温度が熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティに秤量充填する秤量充填工程と、秤量充填されたコンパウンドまたはコンパウンドの粉末成形体を軟化点以上に加熱し熱硬化性樹脂を軟化状態または熔融状態としつつ、配向磁場を印加して異方性磁石粉末を配向させる配向工程と、配向工程後に、異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、配向した異方性磁石粉末を熱硬化性樹脂によって緻密に結合させたボンド磁石成形体とする緻密結合工程とを備えることを特徴とする。上記秤量充填工程によると、コンパウンドがキャビティの壁面に付着等せずにスムーズに充填される。

**【選択図】** 図 2

【書類名】 手続補正書  
【提出日】 平成16年 1月19日  
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2003-142257  
【補正をする者】  
【識別番号】 000116655  
【氏名又は名称】 愛知製鋼株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100081776  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 大川 宏  
【電話番号】 (052)583-9720  
【手続補正1】  
【補正対象書類名】 特許願  
【補正対象項目名】 発明者  
【補正方法】 変更  
【補正の内容】  
【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地 愛知製鋼株式会社内  
【氏名】 本蔵 義信  
【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地 愛知製鋼株式会社内  
【氏名】 御手洗 浩成  
【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地 愛知製鋼株式会社内  
【氏名】 野口 健児  
【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地 愛知製鋼株式会社内  
【氏名】 松岡 浩  
【その他】 本願発明の特許出願に当たり、発明者の連絡不行き届きがあり、願書の作成の際に発明者「松岡 浩」の記述を脱落させてしまいました。この不備を後日見解するに至り、発明者の追加補正するものです。

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 1 6 6 5 5 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県東海市荒尾町ワノ割 1 番地

氏 名

愛知製鋼株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**